

PÉRDIDA NATURAL DE ASTRINGENCIA DURANTE LA MADURACIÓN DE CAQUI. COMPARACIÓN ENTRE VARIEDADES ASTRINGENTES Y NO ASTRINGENTES

¹ Universidade de São Paulo, ESALQ. Departamento de Ciências Biológicas. Piracicaba, SP, Brasil.

² Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Centro de Tecnología Postcosecha. Valencia, España.

³ Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Tecnología de Alimentos. Valencia, España.

* salvador_ale@gva.es

Resumen

Los cultivares de caqui se clasifican en dos categorías, astringentes y no astringentes, dependiendo del nivel de taninos solubles en el momento de la cosecha. Las causas de la pérdida natural de la astringencia de las diferentes variedades durante el proceso de maduración no están completamente clarificadas. En el presente trabajo se ha abordado el estudio de la pérdida de astringencia que tiene lugar durante el proceso de maduración de dos variedades no astringentes ('Fuyu' y 'Hana Fuyu') y dos astringentes ('Rojo Brillante' y 'Giombo'). Para ello de cada variedad se evaluaron siete estados de madurez. La identificación de taninos en cada uno de los estados de madurez se llevó a cabo por microscopía óptica. La tinción de la muestra de pulpa con vainillina-HCl (1:1,v/v) permitió la visualización de los taninos solubles presentes en el parénquima del fruto. Así las imágenes obtenidas revelan el mayor contenido de taninos solubles en cultivares astringentes en comparación con los no-astringentes en los primeros estados de madurez, así como la insolubilización de taninos que tuvo lugar durante la maduración en variedades astringentes y no astringentes. En cultivares astringentes este proceso de insolubilización de taninos fue gradual y llevó a una disminución progresiva de taninos solubles. En el caso de 'Rojo Brillante' esta reducción llevó a la pérdida de astringencia sensorial en estado de sobremaduración del fruto, con firmeza muy blanda, sin embargo en los frutos de 'Giombo', la pérdida de astringencia no fue completa ni en los últimos estados de madurez. En cultivares no astringentes la insolubilización de taninos fue mucho más rápida que en los cultivares astringentes y los frutos perdieron por completo la astringencia cuando todavía presentaban firmezas elevadas. Por otra parte el presente estudio también reveló que la relación entre la evolución del color y el ablandamiento del fruto es característica de cada variedad.

Palabras clave: Madurez, firmeza, color, astringencia, microscopía.

INTRODUCCIÓN

Una característica que presentan algunas variedades de caqui es la presencia de astringencia en el fruto cuando es recolectado con elevadas firmezas, lo que lleva a la necesidad de aplicar un tratamiento postcosecha de desastringencia previamente a su comercialización. Sin embargo existen otros cultivares de caqui que no precisan de este tratamiento ya que no poseen astringencia en el momento de la recolección de sus frutos.

La astringencia del caqui es debida al elevado contenido de taninos solubles, los cuales se localizan en las vacuolas de células especializadas denominadas "células tánicas" (Yonemori y col., 1997; Salvador y col., 2007). En los cultivares de tipo astringente los frutos presentan niveles elevados de taninos, mientras que en los cultivares de tipo no-astringente el contenido de taninos solubles desciende con la maduración hasta niveles no detectables sensorialmente. Dentro de cada una

de estas categorías hay cultivares en los que la astringencia de sus frutos está influenciada por la polinización (polinización variable) y otros cuyos frutos no se ven afectados (polinización constante). En este sentido, los cultivares de caqui se pueden clasificar en cuatro grupos (Sugiura, 1983): Polinización Constante No Astringente (PCNA)- los frutos son no astringentes independientemente de la presencia de semillas, por lo tanto pueden ser recolectados con una firmeza elevada para su consumo

directo; Polinización Variable No Astringente (PVNA)- los frutos no son astringentes en cosecha si presentan semillas pero por el contrario, cuando no han sido polinizados presentan astringencia y no pueden ser consumidos directamente; Polinización Variable Astringente (PVA)- en este grupo los frutos son astringentes incluso si han sido polinizados, perdiendo la astringencia únicamente en las zonas circundantes a las semillas donde generalmente la pulpa presenta un tono parduzco; Polinización

Constante Astringente (PCA)- los frutos de este tipo de cultivares son siempre astringentes cuando están firmes. En todos los grupos cuando el fruto es pequeño e inmaduro presenta una elevada astringencia y durante el desarrollo y maduración se produce una reducción en los taninos solubles, mayor o menor dependiendo del tipo al que pertenece.

En los cultivares astringentes, los no-PCNA (PVA, PVNA, PCA), la pérdida de astringencia está relacionada con la habilidad de las semillas de producir volátiles. Así las semillas de los frutos de tipo PVNA generan importantes cantidades de acetaldehído, lo que lleva a una pérdida natural de la astringencia por insolubilización de taninos; las semillas de los frutos de tipo PVA producen cantidades limitadas de acetaldehído que resulta en una pérdida localizada de la astringencia en las áreas circundantes a las semillas. En el caso de los frutos de tipo PCA la producción de acetaldehído por las semillas es prácticamente nula, por ello el fruto permanece astringente incluso con la presencia de las mismas (Sugiura y col., 1979; Sugiura y Tomana, 1983).

Por otra parte en los cultivares PCNA (no astringentes) la pérdida de astringencia ocurre en estadíos de madurez temprano independientemente de la presencia de semillas. Aunque las causas de esta pérdida natural de astringencia no está clara, se ha asociado con una parada del desarrollo de las células tánicas en estados tempranos del crecimiento del fruto, lo que llevaría a la dilución de la concentración de taninos en pulpa a medida que el fruto continúa creciendo (Yonemori y Matsushima, 1985; 1987). También se han observado diferencias en las propiedades químicas de los taninos entre cultivares de tipo PCNA y no-PCNA (Nakatsubo y col., 2002; Suzuki y col., 2005), lo que podría influir en la astringencia de sus frutos.

De manera natural, los frutos de los cultivares no-PCNA (astringentes) experimentan una disminución de taninos solubles durante la maduración. Sin embargo, en el momento de recolección, cuando el fruto alcanza una coloración homogénea, el nivel de taninos es todavía muy elevado. Solo se alcanza la completa pérdida de astringencia sensorial cuando el fruto está completamente blando y sobremaduro (Novillo y col., 2013). Es por ello que para poder comercializar frutos de estas variedades con elevada firmeza es necesario someterlos a un tratamiento postcosecha de desastringencia, el cual se basa en una insolubilización de los taninos solubles, responsables de la astringencia. Por ello se asume que en estos cultivares astringentes, la pérdida natural de los taninos debería ser el resultado de una insolubilización natural de los mismos, sin embargo esto no ha sido reportado hasta el momento.

Con el objetivo de aportar nueva información sobre el proceso de pérdida natural de astringencia en caqui en este trabajo se estudiaron los cambios que experimentan los taninos durante la maduración del fruto, comparando dos variedades astringentes y dos no astringentes.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se trabajó con caqui (*Diospyros kaki* L.) de los cvs. Rojo Brillante (RB) y Giombo (Gi) del tipo astringente y cvs. Fuyu (Fu) y Hana Fuyu (HF) del tipo no astringente, procedentes de la finca experimental de la Agrupación Nacional de Exportación de Cooperativas Citrícolas (ANECOOP) en Museros (Valencia). Se realizaron 7 recolecciones con un intervalo medio de 15 días desde el 19 de septiembre hasta el 29 de enero. El criterio seguido para la recolección fue la evolución del color externo, obteniendo 7 estados de madurez para cada una de las variedades en estudio, desde el estado de madurez E1

(frutos verdes) hasta el estado de madurez E7 (frutos sobremaduros con coloración naranjas-rojizos). En cada estado de madurez se determinó el color externo y la firmeza de pulpa, así como el contenido de taninos solubles y se realizó un análisis microestructural del parénquima del fruto mediante microscopía óptica. Además se llevó a cabo la evaluación sensorial de la astringencia.

El índice de color (IC=100a/Lb) fue medido usando un colorímetro por reflexión, siendo L, a y b parámetros de Hunter (colorímetro CR-300, Konica Minolta Inc, Tokyo, Japan). La firmeza fue determinada con un texturómetro Instron Universal Machine, model 4301 (Instron Corp., Canton, MA, USA), usando un punzón de 8mm de diámetro. Los resultados fueron expresados como la fuerza (N) requerida para romper la pulpa en la zona ecuatorial tras la eliminación de la piel. El contenido en taninos solubles (TS) fue determinado siguiendo el Folin-Denis Method basado en la reducción del reactivo Folin-Denis por los taninos solubles. La concentración de taninos solubles fue expresada como % de taninos solubles en peso de pulpa fresca. La evaluación sensorial de la fruta se llevó a cabo con un panel semientrenado de 6-8 panelistas familiarizados con este fruto. Se utilizó una escala de 4 puntos, desde 1-ausencia de astringencia a 4-astringencia intensa. Los datos fueron tratados mediante análisis de la varianza (ANOVA) y la comparaciones entre medias fueron llevadas a cabo usando el test LSD ($P \leq 0,05$) (Statgraphics Plus 5.1 (Manugistics Inc., Rockville, M.D., USA)).

La identificación de los taninos en la pulpa a nivel microscópico se llevó a cabo mediante la tinción de una sección de pulpa con vainillina-HCl (1:1,v/v), según la metodología descrita por Vázquez-Gutiérrez y col. (2011). El corte de la muestra pro-

mueve la extravasación de los taninos de las células tánicas cuando se encuentran en forma soluble y los taninos al reaccionar con vainillina-HCl dan una tinción rojiza. Para el control, se utilizaron secciones sin coloración. Las imágenes fueron capturadas con un microscopio óptico (Nikon Eclipse E800 V-PS100E, Tokio, Japón).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El incremento de color es uno de los cambios más característicos que experimentan los frutos de caqui durante su maduración y está íntimamente relacionado con los principales procesos físico-químicos que sufre internamente el fruto durante este periodo (Salvador y col., 2007). Es por ello que el color externo se utiliza como índice no destructivo de cosecha; los frutos de la mayoría de las variedades de caqui se consideran listos para ser recolectados cuando presentan una coloración externa naranja-rojiza homogénea sin color de fondo verde (Besada y Salvador, 2011a; Salvador y col., 2006).

En este estudio, el índice de color (IC: 1000a / Lb) utilizado refleja perfectamente la apreciación visual de la evolución del color mostrada por cada variedad durante la maduración. En los primeros estados de madurez evaluados, E1 y E2, las cuatro variedades presentaron una coloración similar, verde oscuro y verde claro, respectivamente, con un IC entre -10 y -5 (Fig. 1A). A partir del estado de madurez E2, la evolución de color fue característica de cada variedad. Los frutos de 'Hana Fuyu' experimentaron el incremento de color más rápido presentando los IC más elevados al final de la maduración (IC = 52,28). La evolución del color del 'Rojo Brillante' fue gradual y similar a la de 'Fuyu'; ambos cultivares alcanzaron un IC de 43 en el último estado de madurez E7. El incremento de color de 'Giombo' fue más

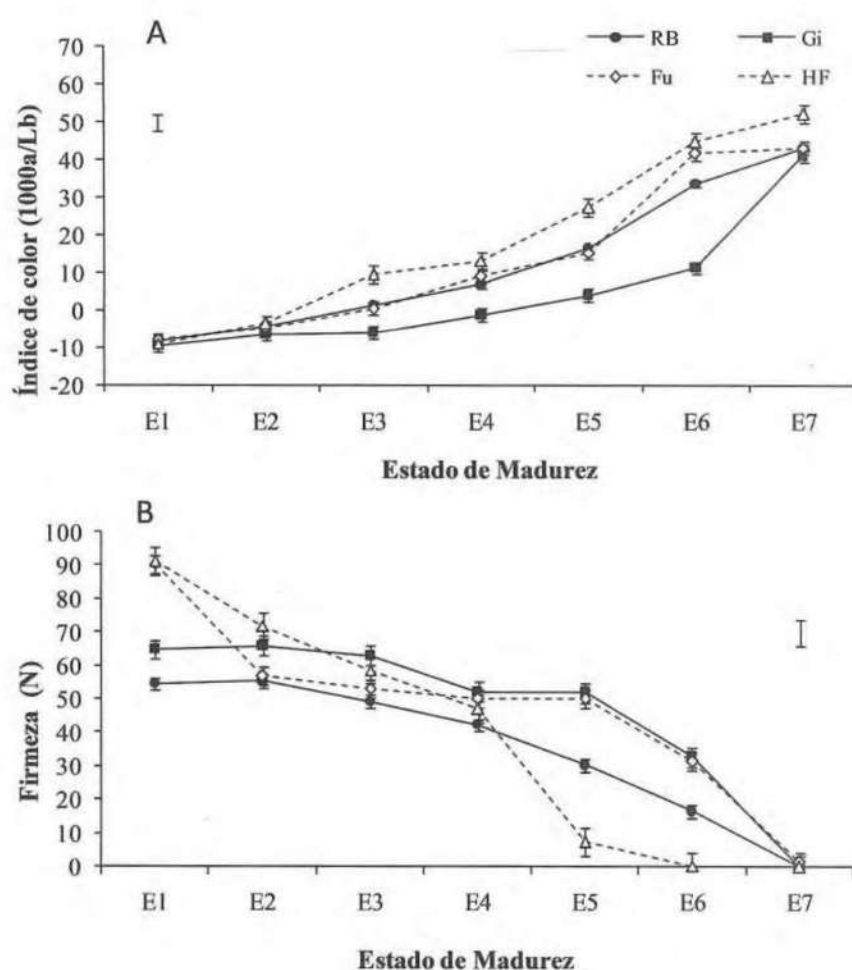


Figura 1. Índice de color (A) y Firmeza (B) de caqui 'Fuyu' [Fu], 'Hana Fuyu' [HF], 'Rojo Brillante' [RB] y 'Giombo' [Gi] en siete estados de madurez (E1-E7).

La barra vertical en la parte superior y en la parte derecha del gráfico representa los intervalos LSD ($P = 0,05$) al comparar todas las variedades y estados de madurez. Las barras verticales en las líneas representan los intervalos LSD ($P = 0,05$) al comparar los estados de madurez para cada variedad.

lento que en las otras variedades, aunque también mostró un IC elevado (CI = 41) al final de la maduración (E7).

Paralelamente al incremento de color externo, en todos los cultivares se observó una disminución de la firmeza de la pulpa, hasta que en los estados más avanzados con la sobremaduración, tuvo lugar una pérdida total de textura y el ablandamiento de los frutos (Fig. 1B). Sin embargo la correlación entre estos dos parámetros dependió en gran medida de la variedad. Así por ejemplo, en el estado de madurez E1, en el que todas las variedades presentaron la misma coloración externa, la firmeza de los cultivares no astrin-

gentes ('Fuyu' y 'Hana Fuyu') fue mayor que la de los astringentes 'Rojo Brillante' y 'Giombo'. Así mismo, aunque el color externo de 'Giombo' fue siempre menor que el de 'Fuyu', ambos cultivares mostraron valores de firmeza similares desde el estado de madurez E3. Por el contrario, 'Rojo Brillante' presentó una menor firmeza que 'Fuyu', aunque los valores de CI fueron similares. Cabe destacar que los frutos de 'Hana Fuyu' sufrieron un ablandamiento drástico en el estado de madurez E5, desde valores de firmeza muy elevadas (47 N) a valores muy bajos, de 7 N. Esta disminución en la firmeza coincidió en este cultivar con un incremento muy importante del color externo. Sin embargo en

las otras variedades el ablandamiento del fruto tuvo lugar en estados más avanzados de madurez, observándose valores de firmeza por debajo de 10 N sólo en estados de sobremaduración (S7).

Por lo tanto, aunque en todas las variedades el incremento de color va acompañado de la pérdida de firmeza, los resultados obtenidos indican que para poder predecir la firmeza a partir de la medición del color externo, lo que ha sido previamente reportado para el cultivar Rojo Brillante (Salvador y col., 2007; Salvador y col., 2006), es necesario realizar estudios específicos para cada variedad.

El cambio en el contenido de taninos solubles durante la maduración del futo, queda reflejado en la Figura 2 para cada una de las variedades estudiadas. Las dos variedades no astringentes ('Fuyu' y 'Hana Fuyu') en todos los estados de madurez mostraron un contenido de taninos solubles similares, que descendió desde valores de 0,27- 0,29% en el estado de madurez E1 hasta valores de 0,04-0,07% en el último estado evaluado, E7. La evaluación sensorial reveló que en estos cultivares la astringencia no fue detectable (valor sensorial=1) con un nivel de taninos solubles por debajo de 0,1%, lo que ocurrió en los estados de madurez E3 en el caso de 'Fuyu' y E4 en el caso de 'Hana Fuyu', cuando los frutos presentaban todavía elevada firmeza (valores superiores a 50N) y no habían alcanzado una coloración externa completa. Este umbral de detección de la astringencia ha sido reportado con anterioridad por otros autores (Antoniolli y col., 2000; Antoniolli y col., 2002; Yamada y col., 2002).

Respecto a los cultivares astringentes, el contenido de taninos solubles en los frutos de 'Rojo Brillante' disminuyó de forma gradual desde valores de 2% en el estado E1 a

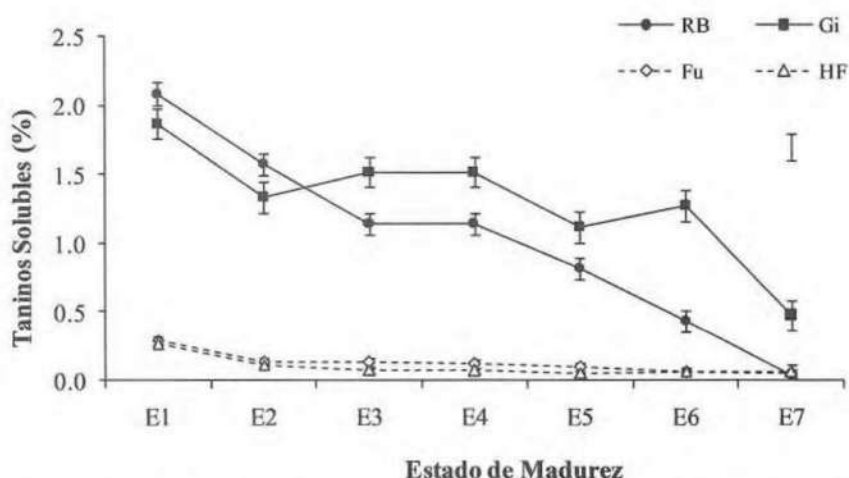


Figura. 2. Taninos solubles de caqui 'Fuyu' [Fu], 'Hana Fuyu' [HF], 'Rojo Brillante' [RB] y 'Giombo' [Gi] en siete estados de madurez (E1-E7).

La barra vertical en la parte superior y en la parte derecha del gráfico representa los intervalos LSD ($P = 0,05$) al comparar todas las variedades y estados de madurez. Las barras verticales en las líneas representan los intervalos LSD ($P = 0,05$) al comparar los estados de madurez para cada variedad.

valores de 0,04% en el estado E7. Esta variedad fue calificada por el panel de catadores como no astringente (valor sensorial=1) únicamente en el estado de sobremaduración E7, en el que los frutos estaban completamente blandos, con valores de firmeza cercanos a 0 (Fig. 1A). En trabajos anteriores se ha reportado que el tratamiento de desastringencia con altas concentraciones de CO_2 en 'Rojo Brillante' lleva a valores sensoriales de no astringencia cuando los niveles de taninos solubles son cercanos a 0,04% (Salvador y col., 2007), pero en este caso la firmeza del fruto se mantiene elevada tras el tratamiento.

En el caso de 'Giombo', los frutos sufrieron una disminución en el contenido de taninos solubles entre el estado E1 y E2, desde 1,87% a 1,34%; estos valores se mantuvieron casi constantes hasta el estado E6 para luego reducirse hasta valores de 0,48% en el estado E7. Esta reducción observada en el último estado de madurez coincidió con un importante incremento de color externo. Sin embargo, hay que hacer notar que los frutos de 'Giombo' no perdieron la astringencia completamente ni en el estado de madurez más avanzado. Así en el estado E7, con

una firmeza similar a la del 'Rojo Brillante', la fruta fue evaluada sensorialmente con valores de 2,4.

El estudio de las muestras de pulpa realizado por microscopia óptica reveló que el descenso de taninos solubles observado en las variedades estudiadas durante el proceso de maduración fue debido a una insolubilización de taninos en el interior de las células tánicas (Fig. 3). Centrándose en las variedades astringentes, en 'Rojo Brillante' en los estados de maduración iniciales (E1-E2) se observó una tinción roja uniforme tanto en el interior de las células como en los espacios intercelulares (Fig. 3C). El aspecto que presenta la muestra indica que los taninos se encuentran en su forma soluble dispersos por todo el parénquima a causa de la migración masiva de los mismos desde las células durante el corte de la muestra. Como se ha mencionado anteriormente, cuando la muestra es cortada para ser estudiada, el contenido soluble del interior de las células sale al exterior. En el estado E4 (Fig. 3G), se mantiene la tonalidad rojiza por todo el parénquima pero va quedando localizada en áreas más concretas, lo que indica una menor migración de taninos solubles desde el interior

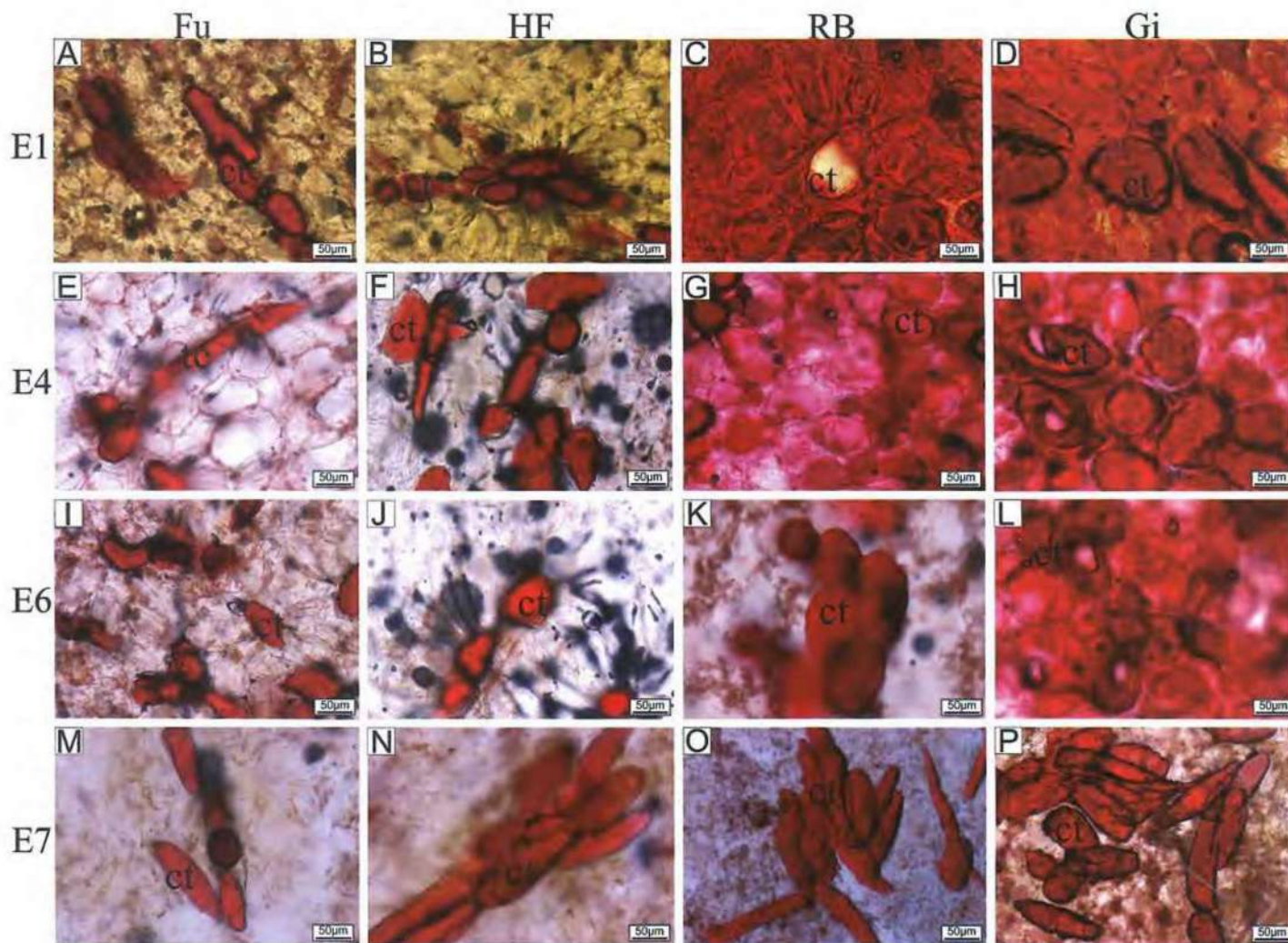


Figura 3. Muestras de tejido de pulpa de frutos de caqui 'Fuyu' [Fu], 'Hana Fuyu' [HF], 'Rojo Brillante' [RB] y 'Giombo' [Gi] en siete estados de madurez (E1-E7) con tinción de vainillina-HCl (1:1,v/v) en cuatro de los estados de madurez estudiados (E1, E4, E6 y E7). ct: células tánicas.

de la célula. Esto sugiere que ha comenzado el proceso de insolubilización, aunque el contenido de taninos solubles todavía se encuentra en niveles altos, de 1,2% y, por tanto la percepción sensorial de astringencia es muy elevada (valores de 4). En el estado E6 (Fig. 3K) la insolubilización de taninos ya es muy evidente, observándose la mayoría de taninos insolubilizados en el interior de las células. Sin embargo, en este estado todavía se observan taninos solubles dispersos por el parénquima que explica que la astringencia sensorial sea elevada (valores de 3). En el estado E7 (Fig. 3O) la insolubilización pareció completa, los taninos se muestran precipitados en el interior de las células tánicas y no se observan apenas taninos solubles en el tejido parenquimático. De hecho en este estado el contenido de taninos solubles es muy bajo (0,04 %) y los catadores no detectaron astringencia en el fruto.

En los frutos de 'Giombo' también se observó en los primeros estados de madurez una marcada presencia de taninos solubles dispersos por todo el tejido de parénquima (Fig. 3D). Sin embargo, a diferencia de 'Rojo Brillante', en el que a partir del estado E4 el proceso de insolubilización fue evidente, en 'Giombo' los estados E4 y E6 presentaron una gran cantidad de taninos solubles (Fig. 3H, 3L) dispersos por el parénquima. Esto está en concordancia con el elevado contenido de taninos solubles medidos en este cultivar hasta el estado de madurez E6. En el estado E7 (Fig. 3P) ya se observa una importante insolubilización de taninos dentro de las células tánicas, aunque también se muestran taninos solubles dispersos entre los espacios intercelulares. Esto es consistente con el mayor contenido de taninos soluble (0,48%) en los frutos de 'Giombo' en este estado comparado con el que muestran los frutos de 'Rojo Brillante' (Fig 2).

A diferencia de lo que se observó en los variedades astringentes, las imágenes del tejido de 'Fuyu' y 'Hana Fuyu' muestran presencia de taninos precipitados localizados en el interior de las células tánicas ya desde el primer estado de madurez evaluado E1 (Fig. 3A, 3B), aunque también se puede observar una parte de taninos solubles dispersos por el tejido. En el estado E4 (Fig. 3E, 3F) la presencia de taninos solubles es muy baja y ya en las etapas más avanzadas E6 y E7 (Fig. 3I, 3J, 3M, 3N) los taninos se observan completamente precipitados. Estas observaciones corroboran claramente el contenido de taninos solubles medido en cada estado de madurez (Fig. 2).

La disminución de taninos durante la maduración del fruto ha sido reportada con anterioridad (Novillo y col., 2013), sin embargo hasta ahora no se había confirmado que se tratase de un proceso de insolubilización de los mismos. Hay que tener en

cuenta que las diferencias entre variedades astringentes y no astringentes se pueden deber, además de al contenido de taninos solubles, a las diferencias en la composición de los mismos. Así se ha reportado que el contenido de galocatequina es mayor en los cultivares astringentes que en los no astringentes (Nakatsubo y col., 2002; Suzuki y col., 2005). Además, las unidades de catequinas pueden variar dependiendo del cultivar, lo que podría explicar el hecho de que el umbral de taninos solubles a partir del cual no se detecta astringencia dependa de la variedad (Besada y Salvador, 2011b). Por otra parte la dificultad que ha mostrado el cultivar Giombo para la completa eliminación de la astringencia mediante tratamientos postcosecha en otras experiencias (datos no publicados) podría estar relacionada con la más lenta polimerización de taninos observada durante la maduración de 'Giombo' en el presente estudio.

CONCLUSIONES

El estudio llevado a cabo reveló que la disminución natural de la astringencia durante la maduración de los frutos de caqui está claramente relacionada con un proceso de insolubilización de taninos en el interior de las células tánicas, tanto en los cultivares astringentes ('Rojo Brillante' y 'Giombo') como en los no astringentes ('Fuyu' y 'Hana Fuyu').

Por microscopía óptica se visualizó un contenido mucho más alto de taninos solubles en la pulpa de los cultivares astringentes en comparación con los no astringentes en estados de madurez tempranos y se observó el proceso de insolubilización de taninos durante la maduración en todos los cultivares.

En cultivares astringentes el proceso de insolubilización de taninos fue gradual, conduciendo a una disminución progresiva de su concentración con la consiguiente reducción

del nivel de astringencia. En el cultivar Rojo Brillante la pérdida total de la astringencia tuvo lugar únicamente en el último estado de madurez (fruta muy blanda), cuando los taninos se mostraron precipitados dentro de la vacuola de las células tánicas y no se observaron taninos solubles. Sin embargo en 'Giombo', aunque también se observó una importante insolubilización de taninos en el último estado de madurez, una parte importante de ellos se mantuvo en forma soluble, observándose disperso por el parénquima, lo cual es consistente con el valor más alto de taninos solubles y la astringencia detectada sensorialmente.

Los cultivares no astringentes ('Fuyu' y 'Hana Fuyu') mostraron taninos precipitados dentro de las células tánicas incluso en los primeros estados de madurez y el proceso de insolubilización de taninos durante la maduración fue más rápido que en los cultivares astringentes; así la pérdida completa de astringencia ocurre cuando el fruto se encuentra en un estado mucho más tempranos y con firmezas mucho más elevadas, que en el caso de las variedades astringentes.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (Project INIA-RTA 2013-00043-C02) y por el programa europeo FEDER. Los autores quieren expresar su agradecimiento a São Paulo Research Foundation (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo-FAPESP) de Brasil, por la beca concedida a la primera autora de este trabajo. Así mismo, los autores también agradecen a la Agrupación Nacional de Exportación de Cooperativas Citrícolas (ANECOOP) la colaboración prestada y el suministro de los frutos de caqui utilizados para este estudio.

REFERENCIAS

- Antoniolli L.R., Castro P.R.C., Kluge R.A., ScarpareFilho J.A. 2000. Remoção da adstringência de frutos de caqui 'Giombo' sob diferentes períodos de exposição ao vapor de álcool etílico. *Pesqui. Agropec. Bras.* 35, 2083-2091.
- Antoniolli L.R., Castro P.R.C., Kluge R.A., ScarpareFilho J.A. 2002. Remoção da adstringência de frutos de caqui 'Giombo' sob diferentes temperaturas. *Pesqui. Agropec. Bras.* 37, 687-691.
- Besada C., Salvador A., 2011a. Postharvest handling of persimmon fruit. In: Awaad, A.S., Kaushik, G., Govil, J.N. (Eds.), Mechanism and action of phytoconstituents. *Publisher, Studium Press LLC, USA*, pp.111-137.
- Besada C., Salvador A. 2011b. Tannins of persimmon fruit: Artificial removal of astringency. In: Petridis, G.K. (Eds.), Tannins: Types, Foods Containing and Nutrition. *Publisher, Nova Science*, pp. 217-230.
- Nakatsubo F., Enokita K., Murakami K., Yonemori K., Sungiura A., Utsumoniya N., Subhadrabadhu, S. 2002. Chemical structures of the condensed tannins in the fruits of Diospyros species. *J. Wood Sci.* 48, 414-418.
- Novillo P., Besada C., Gil R., Salvador A. 2013. Fruit quality and response to deastringency treatment of eight persimmon varieties cultivated under Spanish growing conditions. *Acta Hort.* 996, 437-442.
- Salvador A., Arnal L., Besada C., Larrea V., Quiles A., Pérez-Munuera I., 2007. Physiological and structural changes during ripening and deastringency treatment of persimmon fruit 'Rojo Brillante'. *Postharvest Biol. Technol.* 46, 181-188.
- Salvador A., Arnal L., Carot J.M., Carvalho C.P., Jabaloyes J.M. 2006. Influence of different factors on firmness and color evolution during the storability of persimmon 'Rojo Brillante'. *J. Food Sci.* 71, 169-175.
- Sugiura A., Tomana T. 1983. Relationships of ethanol production by seeds of different types of Japanese persimmons and their tannin content. *HortScience* 18, 319-321.
- Sugiura A. 1983. Origin in varietal differentiation in Japanese persimmon. *Recent Advances in Plant Breeding*, Kyoto, pp. 29-37.
- Sugiura A., Yonemori K., Harada H., Tomama T. 1979. Changes of ethanol and acetaldehyde contents in Japanese persimmon fruits and their relation to natural deastringency. *Studies from Inst. Hort.* 9, 41-47.
- Suzuki T., Someya S., Hu F., Tanokura M. 2005. Comparative study of catechin compositions in five Japanese persimmons (*Diospyros kaki*). *Food Chem.* 93, 149-152.
- Vázquez-Gutiérrez J.L., Quiles A., Hernando I., Pérez-Munuera I. 2011. Changes in the microstructure and location of some bioactive compounds in persimmons treated by high hydrostatic pressure. *Postharvest Biol. Technol.* 61, 137-144.
- Yamada M., Taira S., Ohtsuki M. 2002. Varietal differences in the ease of astringency removal by carbon dioxide gas and ethanol vapor treatments among Oriental astringent persimmons of Japanese and Chinese origin. *Sci. Hort.* 94, 63-72.
- Yonemori K., Matsushima J. 1985. Property of development of the tannin cells in non-astringent type fruits of Japanese persimmon (*Diospyros kaki*) and its relationship to natural deastringency. *J. Jpn. Soc. Hort.* 54, 201-208.
- Yonemori K., Matsushima J. 1987. Changes in tannin cell morphology with growth and development of Japanese persimmon fruit. *J. Jpn. Soc. Hort.* 56, 818-821.
- Yonemori K., Oshida M., Sugiura A. 1997. Fine structure of tannin cells in fruit and callus tissues of persimmon. *Acta Hort.* 436: 403-413.